

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-273400

(43)Date of publication of application : 20.10.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

H01S 3/10

(21)Application number : 06-061681

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 30.03.1994

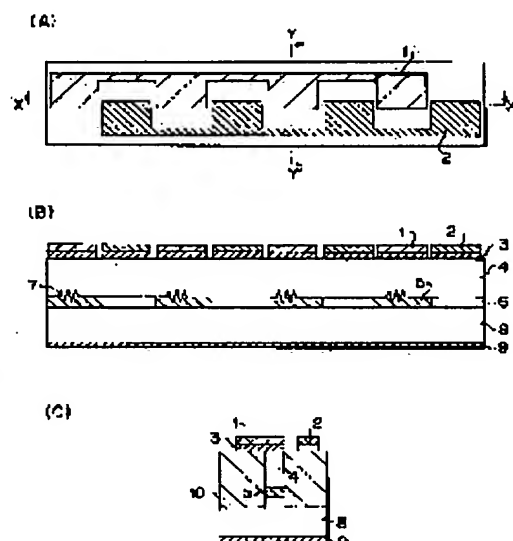
(72)Inventor : ISHII HIROYUKI
KANO FUMIYOSHI
YOSHIKUNI YUZO

(54) SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PURPOSE: To continuously change a generation wavelength by controlling a current injected into a first electrode and also to widely change a generation wavelength by controlling a current injected into a second electrode.

CONSTITUTION: This is a semiconductor laser in which a linear wave guide with an active waveguide layer 5 alternately and periodically disposed, an inactive wave guide layer 6 and a diffraction grating 7 disposed in the same periodical manner as those is held between a p-type and an n-type light shut-in layer 4, 8, and an active layer driving electrode 1 and a wavelength control electrode 2 are provided on a layer 4 through a contact layer 3 correspondingly to the layers 5, 6, and an n-type common electrode 9 is provided in the layer 8. The electrodes 1 and the electrodes 2 are respectively short-circuited to each other on the light plane of the semiconductor laser.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3237733

[Date of registration] 05.10.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-273400

(43) 公開日 平成7年(1995)10月20日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 S 3/18

3/10

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-61681

(22) 出願日 平成6年(1994)3月30日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 石井 啓之

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 狩野 文良

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 吉国 裕三

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

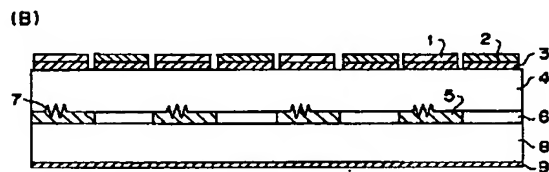
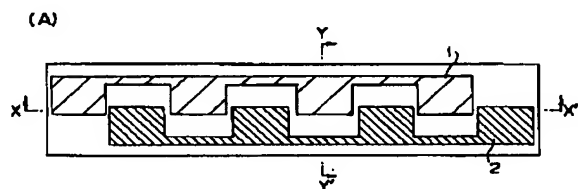
(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

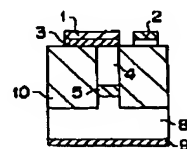
(57) 【要約】

【目的】 1電極への注入電流制御により連続的に発振波長を変化させること、および2電極への注入電流制御により広範囲に発振波長を変化させることができる半導体レーザを提供する。

【構成】 半導体レーザは交互に周期的に配置された活性導波路層5と非活性導波路層6、これらと同じ周期で配置された回折格子7とを有する直線状導波路をp型およびn型光閉じ込め層4、8で挟み、層4上にコンタクト層3を介して活性層駆動電極1、波長制御電極2を層5、6に対応してそれぞれ設け、層8にはn型共通電極9を設けている。電極1どうし、電極2どうしが半導体レーザ光面上で短絡されている。



(C)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に、該基板より光学的屈折率が大きい光導波路層と該光導波路層より屈折率が小さい光閉じ込め層をそれぞれ1層以上含む直線光導波路において、該光導波路層は発振波長帯の光に対して光学的利得を有する活性領域と光学的利得を持たない非活性領域とが光の伝搬方向に沿って交互に周期的に繰り返し配置された構造を有し、該光導波路層は回折格子が形成された領域と回折格子が形成されていない領域が交互に周期的に繰り返し配置された構造を有し、かつこれら2つの繰り返し周期が等しいことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体レーザにおいて、繰り返し形成されている活性領域、および非活性領域の上方にそれぞれ独立に電流を注入するための電極が設けられており、活性領域用電極どうし、および非活性領域用電極どうしが該半導体レーザの表面上で短絡されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項3】 請求項1に記載の半導体レーザが同一基板上において2つ直列に接続されていて、第1の半導体レーザの周期構造の周期 T_1 と第2の半導体レーザの周期構造の周期 T_2 とが異なる長さになっていて、かつ、2つのレーザにおけるそれぞれの繰り返し構造1周期中の活性領域と非活性領域の長さの比が等しいことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】 請求項3に記載の半導体レーザにおいて、繰り返し形成されている活性領域、および非活性領域の上方にそれぞれ独立に電流を注入するための電極が設けられており、第1の半導体レーザ部の非活性領域用電極どうし、および第2の半導体レーザ部の非活性領域用電極どうしがそれぞれ該半導体レーザの表面上で短絡されていて、全ての活性領域用電極が該半導体レーザの表面上で短絡されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項5】 請求項3に記載の半導体レーザにおいて、繰り返し形成されている活性領域、および非活性領域の上方にそれぞれ独立に電流を注入するための電極が設けられており、このうち、複数の非活性領域用電極は全て同じ分割比で2つに分割されて第1の組の非活性領域用電極と、第2の組の非活性領域用電極とを形成しており、第1の半導体レーザ部の分割された第1の組の非活性領域用電極どうし、および第2の半導体レーザ部の分割された第1の組の非活性領域用電極どうし、ならびに第1の半導体レーザ部および第2の半導体レーザ部の双方の分割された全ての第2の組の非活性領域用電極どうしがそれぞれ該半導体レーザの表面上で短絡されるとともに、全ての活性領域用電極がそれぞれ該半導体レーザの表面上で短絡されていることを特徴とする半導体レーザ。

$$\lambda_0 = 2n\Lambda$$

(1)

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光ファイバ通信用光源および光計測用光源として用いられる波長可変半導体レーザに関し、特に光通信における光波長（周波数）多重システム用光源、および広帯域波長帯をカバーする光計測用光源に関するものである。

【0002】

【従来の技術】将来の通信情報量の増大に対して、光波長（周波数）多重通信システムの研究が行われているが、送信用光源および同期検波用可調光源として広範囲な波長調整機能が要求されており、また、光計測の分野からも広域波長帯をカバーする波長可変光源の実現が望まれている。これまでに、種々の可変波長光源が研究されてきたが、それらを大別すると、1つの発振モードで連続的に波長が変わるものと、モード跳びを伴って不連続に波長が変わるものとに分けることができる。実際のシステムへの応用を考えた場合、制御性の面から、連続的に波長が変わるものの方が好ましい。

【0003】連続的に発振波長を変化させることができる半導体レーザとしては、分布反射型レーザ（DBRレーザ）や二重導波路レーザ（TTGレーザ）などが研究されており、連続波長可変幅としてDBRレーザでは4.4nm、TTGレーザでは7nmという値が報告されている。また、モード跳びをともなった不連続な波長可変幅としては、DBRレーザで10nmという値が得られている。また近年、不連続ではあるが広い波長可変幅が得られる半導体レーザとして、Y分岐レーザ、超周期構造回折格子レーザなどが試作され、50～100nmの波長可変幅が得られている。

【0004】図9にTTGレーザの実施例を示す。図9において、41は活性層駆動電極、42は波長制御電極、48は共通電極、44は活性導波路層、45は非活性導波路層、46は回折格子、43はp型光閉じ込め層、47はn型スペーサ層、49はn型光閉じ込め層である。また、図10にDBRレーザの実施例を示す。図10において、50は位相調整電極である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来技術においては次のような問題があった。TTGレーザでは、光の増幅作用を行う活性導波路層に電流注入してレーザ発振動作を生じさせ、該活性導波路層のすぐ近くに形成される波長制御用非活性導波路層に独立に電流注入することにより、発振波長を変化させる。ここで、回折格子の周期を Λ 、導波路の等価屈折率を n とすれば、ブラッグ波長 λ_0 は、

【0006】

【数1】

3

と表される。レーザはこのブラッグ波長近傍の1つの共振縦モードで発振動作する。非活性導波路層に電流注入を行うと、導波路の等価屈折率が変化し、式(1)より、ブラッグ波長もそれに比例して変化する。ここで、*

$$\Delta \lambda_b / \lambda_b = \Delta n / n$$

となり、等価屈折率の変化の割合 $\Delta n / n$ と等しくなる。また、電流注入による等価屈折率の変化に伴ない、共振縦モード波長も変化する。TTGレーザの場合、共振器全体の等価屈折率が一様に変わるので、共振縦モ※

$$\Delta \lambda_r / \lambda_r = \Delta n / n$$

となる。式(2)、式(3)より、TTGレーザでは、ブラッグ波長の変化と共振縦モードの変化が等しくなるので、最初に発振したモードが保たれたまま連続的に発振波長が変化するという大きな特徴を有する。しかしながら、単一横モード発振動作をさせるためには二重導波路の幅は1~2 μm にする必要があり、さらに活性層と波長制御層との間に形成されるn型スペーサ層の厚さを1 μm 以下まで薄くする必要があるため、通常の半導体レーザで用いられている埋め込み構造にすることができず、それぞれの導波路層に効率良く電流を注入するための構造にすることが、製作上非常に困難であるという問題があった。

【0009】それに対してDBRレーザでは、光の増幅作用を行う活性導波路層と非活性導波路層とが直列に接続されている構造なので、通常の半導体レーザと同様に★

$$\Delta \lambda_r / \lambda_r = (L_o / L_i) \cdot (\Delta n / n) \quad (4)$$

となる。したがって、式(2)、式(4)より、DBRレーザでは波長制御電流を注入するにつれてブラッグ波長と共振縦モード波長とが相対的に離れていくため、モード跳びを生じてしまうという欠点を持っていた。モード跳びを生じさせないためには、回折格子が形成されていない位相調整領域を設けて、そこへの電流注入により共振縦モードの変化量とブラッグ波長の変化量とを一致させる必要がある。しかし、この方法では2電極への波長制御電流を制御するための外部回路が必要になり、装置構造、および制御が複雑になるという問題があった。

【0011】TTGレーザ、およびDBRレーザにおける連続波長可変幅は、波長制御層の屈折率変化量に制限され、その値は4~7 nm程度に留まっている。波長可変幅をさらに広くするには、モード跳びを許容し、波長フィルタの波長変化量が屈折率変化量よりも大きくなるような手段を用いる必要がある。Y分岐レーザや、超周期構造回折格子レーザは、いずれも屈折率変化量よりもフィルタ波長変化量が大きくなる手段を用いている。これらのレーザでは、フィルタ波長を大きく変化させ、なおかつ十分な波長選択性を得るために、2つの電極に流す電流を制御をする必要があり、さらに共振縦モード波長を制御するための電極も必要となる。その結果、発振波長を調整するのに3つの電極への注入電流を制御しなければならず、制御が非常に複雑になってしまうという

4

*ブラッグ波長の変化の割合 $\Delta \lambda_b / \lambda_b$ は、
【0007】
【数2】

(2)

※一ド波長の変化の割合 $\Delta \lambda_r / \lambda_r$ は等価屈折率の変化の割合 $\Delta n / n$ に等しくなる。すなわち、
【0008】
【数3】

(3)

★電流狭窄を行うための埋め込みストライプ構造を用いることができ、さらに各々の導波路層に独立に電流注入を行うことは、各々の導波路層の上方に形成される電極を分離することにより容易に実現される。非活性導波路層への電流注入により、等価屈折率を変えてブラッグ波長を変化させる機構はTTGレーザと同様であるが、等価屈折率の変化する領域が共振器の一部に限られているために、ブラッグ波長の変化量と共振縦モード波長の変化量とは一致しない。共振縦モード波長の変化の割合 $\Delta \lambda_r / \lambda_r$ は、全共振器長さ L_i に対する分布反射器の実効長さ L_o の割合分だけ等価屈折率の変化の割合 $\Delta n / n$ よりも少なくなり、

【0010】

【数4】

問題があった。

【0012】本発明の目的は、上記問題を解決し、1電極への注入電流制御により連続的に4~7 nm程度発振波長を変化させることができ、なおかつ活性導波路層、および非活性導波路層への電流注入も効率良く行える半導体レーザを得ることと、モード跳びを伴うけれども、2つの電極への注入電流制御により、50~100 nm程度の範囲にわたって発振波長を変化させることができる半導体レーザを得ることである。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1の発明は、半導体基板上に、該基板より光学的屈折率が大きい光導波路層と該光導波路層より屈折率が小さい光閉じ込め層をそれぞれ1層以上含む直線光導波路において、該光導波路層は発振波長帯の光に対して光学的利得を有する活性領域と光学的利得を持たない非活性領域とが光の伝搬方向に沿って交互に周期的に繰り返し配置された構造を有し、該光導波路層は回折格子が形成された領域と回折格子が形成されていない領域が交互に周期的に繰り返し配置された構造を有し、かつこれら2つの繰り返し周期が等しいことを特徴とする。

【0014】請求項2の発明は、請求項1に記載の半導体レーザにおいて、繰り返し形成されている活性領域、および非活性領域の上方にそれぞれ独立に電流を注入す

るための電極が設けられており、活性領域用電極どうし、および非活性領域用電極どうしが該半導体レーザの表面上で短絡されていることを特徴とする。

【0015】請求項3の発明は、請求項1に記載の半導体レーザが同一基板上において2つ直列に接続されていて、第1の半導体レーザの周期構造の周期 T_1 と第2の半導体レーザの周期構造の周期 T_2 とが異なる長さになっていて、かつ、2つのレーザにおけるそれぞれの繰り返し構造1周期中の活性領域と非活性領域の長さの比が等しいことを特徴とする。

【0016】請求項4の発明は、請求項3に記載の半導体レーザにおいて、繰り返し形成されている活性領域、および非活性領域の上方にそれぞれ独立に電流を注入するための電極が設けられており、第1の半導体レーザ部の非活性領域用電極どうし、および第2の半導体レーザ部の非活性領域用電極どうしがそれぞれ該半導体レーザの表面上で短絡されていて、全ての活性領域用電極が該半導体レーザの表面上で短絡されていることを特徴とする。

【0017】請求項5の発明は、請求項3に記載の半導体レーザにおいて、繰り返し形成されている活性領域、および非活性領域の上方にそれぞれ独立に電流を注入するための電極が設けられており、このうち、複数の非活性領域用電極は全て同じ分割比で2つに分割されて第1の組の非活性領域用電極と、第2の組の非活性領域用電極とを形成しており、第1の半導体レーザ部の分割された第1の組の非活性領域用電極どうし、および第2の半導体レーザ部の分割された第1の組の非活性領域用電極どうし、ならびに第1の半導体レーザ部および第2の半導体レーザ部の双方の分割された全ての第2の組の非活性領域用電極どうしがそれぞれ該半導体レーザの表面上で短絡されているとともに、全ての活性領域用電極がそれぞれ該半導体レーザの表面上で短絡されていることを特徴とする。

【0018】

【作用】図7(A)は本発明による半導体レーザの基本的構成の一例を示す断面構造図である。図7(A)において、1は活性層駆動電極、2は波長制御電極、4はp型InP光閉じ込め層、5はInGaAsP活性導波路層、6はInGaAsP非活性導波路層、7は回折格子、8はn型InP光閉じ込め層、9はn側共通電極である。活性導波路層5と非活性導波路層6は一定の長さ*

$$\Delta\lambda_r/\lambda_r = (L_r/L_s) \cdot (\Delta n/n) \quad (5)$$

となる。

【0021】一方、複数の反射ピークの各波長も、電流注入による等価屈折率の変化の結果、短波長側にシフトする。反射ピーク波長は繰り返し構造1周期内の平均等※

$$\Delta\lambda_r/\lambda_r = (L_r/L_s) \cdot (\Delta n/n) \quad (6)$$

となる。式(5)、式(6)より、反射ピーク波長と共振縦モード波長とは同じ量だけシフトする。したがっ

*で、交互に周期的に配置されている。また、回折格子7もそれと同じで部分的に形成されている。活性導波路層5および波長制御用非活性導波路層6の上部に設けられる電極1、2は互いに分離されており、図7(A)に示すように、活性導波路層上の電極1どうし、および波長制御導波路層上の電極2どうしは素子上で短絡されている。

【0019】従来の技術で示したTTGレーザやDBRレーザでは、回折格子が一様に形成されているため、その反射特性はブラッグ波長において1本の鋭いピークを持つものとなる。それに対して前述の構成の半導体レーザでは、図7(A)に示すように、周期的な凹凸を形成して導波路の等価屈折率を周期変調させた回折格子が部分的かつ周期的に形成されているため、図7(B)に示すように、複数のピークを持つ反射特性になる。ここで、ピーク間隔は繰り返し周期 T に反比例する関係にある。各々のピークに対する包絡関数23は、1周期内の回折格子の形状をフーリエ変換したものとなるが、図7(A)に示す例のように1周期内が回折格子の形成される部分と形成されない部分とからなる場合は、その包絡関数は標準化関数 $(\sin(x)/x)$ になる。この標準化関数の主ピークの幅は回折格子の形成されている部分の長さ t に反比例する。したがって、この包絡関数中に現われる反射ピークの数、回折格子の形成されている部分の長さ t に対する繰り返し周期 T の比 T/t に比例する関係にある。したがって、 T/t を2程度の値にすることにより、図7(B)のように1本の主ピーク21を有し、その両側に反射率の低い2本の副ピーク22を有する反射特性を得ることができる。このとき、周期的に配置された全ての活性層駆動電極1に電流注入を行い、光学的利得を得ることにより、本レーザは主ピーク近傍の1つの共振縦モードで発振する。図7(B)において、24は複数の共振縦モード、25は選択された1つのレーザ発振モードを示している。ここで、周期的に配置された全ての波長制御電極2に電流注入を行えば、図7(C)に示すように、波長制御層の等価屈折率が変化し、1周期の長さに対する波長制御領域の長さの割合分だけ共振縦モード波長が短波長側にシフトする。繰り返し構造の1周期の長さを L_s 、波長制御領域長を L_r とすれば、共振縦モード波長の変化の割合は、

【0020】

【数5】

※屈折率変化に比例するので、反射ピーク波長の変化の割合 $\Delta\lambda_r/\lambda_r$ は、

【0022】

【数6】

て、このレーザでは、最初に発振したモードを保ったまま連続的に波長が変化する。

【0023】この例では、活性領域内に回折格子が形成されていて、波長制御領域内に回折格子が形成されていないので、波長制御領域への注入電流量を変化させても、回折格子が形成されている部分の等価屈折率は変化しないため、ブラッグ波長、すなわち包絡関数のピーク波長は、図7(B)に示すように変化しない。一方、波長制御領域内に回折格子が形成されている場合には、波長制御電流の注入により包絡関数のピーク波長が変化するが、反射ピーク波長と共振縦モード波長の変化量は一致するので、図7(C)の例と同様に連続的な波長調整が可能である。したがって、本発明によるレーザでは、

【0024】このように、本発明による半導体レーザでは、回折格子の形成される部分を周期的に配置してピーク幅の広い包絡関数の中にピーク幅の狭い反射ピークを作り出し、さらにその周期と同じ周期で波長制御用の非活性導波路層を配置することによって、連続的な波長可変動作を達成することを基本原理としている。したがって、通常のDBRレーザや位相調整領域をもつDFBレーザのように周期構造がないものでは、本発明による半導体レーザのような動作は達成されない。また、通常のDFBレーザのように全領域を活性導波路層にしてしまうと、レーザ発振によりキャリア密度がほぼ一定となるため、導波路の屈折率を変化させることができなくなってしまうので、波長可変動作が達成されない。さらに、部分的かつ周期的に回折格子が形成されている非活性導波路層による分布反射器と、活性導波路層とが直列に接続された、通常のDBRレーザのような構造では、反射ピーク波長と共振縦モード波長の動きとが一致しないので、連続的な波長可変動作が達成されない。

【0025】前述の半導体レーザで、繰り返し構造の周期が異なるものを2つ直列に同一基板上に接続すれば、連続的な波長可変動作が達成されると同時に、さらに広範囲の波長調整を行うことができる。2つのレーザを直列に接続した場合の反射特性を図8(A)に示す。図8

(A)において、26は第1のレーザによる反射特性、27は第2のレーザによる反射特性、21は2つのレーザの反射特性を掛け合わせて得られる主ピーク、22は副ピークを示している。この例では、前述の構造パラメータ T/t を大きくし、包絡関数23の主ピークの幅を広くして、反射ピークの本数を増やしている。このままでは、それら各ピーク近傍の複数の波長で発振する可能性があるが、繰り返し周期の異なるレーザを組み合わせることにより、2つのレーザを合わせた反射特性は、図8(A)図中に示すように、2つのレーザの反射ピークが互いに一致する波長に主ピークを有するものとなるた

め、この主ピーク近傍で単一モード発振が得られる。

【0026】ここで、2つのレーザの繰り返し構造1周期中の活性導波路層と非活性導波路層の長さの比を等しくし、1周期の長さに対する波長制御電極の長さの比を2つのレーザで等しくしておくこと、全ての波長制御電極を短絡してそこに電流注入を行えば、前例と同様に反射ピーク波長と共振縦モード波長が同量だけ変化するの

【0027】さらに、2つのレーザの波長調整領域への注入電流を独立に制御すれば、モード跳びを伴った広い範囲の波長調整が可能となる。図8(B)に第2のレーザの波長制御電極にのみ電流を流した場合の、反射ピークの動きを示す。この場合には、2つのレーザの反射ピークの一致点が変わるので、主ピークの位置が大きく変化する。このとき、共振縦モードはあまり変化しないので、発振波長はモード跳びを起こして大きく変化する。さらに電流注入量を増せば、主ピークの位置は次々に大きく変化するの

【0028】Y分岐レーザや超周期回折格子レーザでは、波長フィルタや反射器の中心波長を大きく変化させるのに2つの領域への注入電流を制御する必要があり、さらに共振縦モード波長を制御するための電極が必要なため、合計3領域への注入電流制御が必要であったが、本発明による半導体レーザでは、上述のように、反射器の反射ピーク波長を変化させると共振縦モード波長も同量だけ変化するの

【0029】なお、繰り返し周期の異なる本発明による発明による第1の半導体レーザを2つ作製し、それを光学的に結合させた場合には、上述のように連続的に波長

を変化させることはできない。なぜならば、波長制御電極に電流を注入したときに、2つのレーザ間の光の位相は全く変化しないため、その分だけ共振縦モードの変化が小さくなり、反射ピークの変化と一致しなくなるからである。したがって、2つのレーザは完全に直列に接続されている必要があるため、同一基板上に2つ一々に集積されていなければならない。

【0030】

【実施例】次に本発明の実施例を図面とともに説明する。

【0031】（実施例1）図1は本発明の第1実施例を示す図で、(A)は本発明による半導体レーザを上部からみた図、(B)はX-X'間の断面構造図、(C)はY-Y'間の断面構造図である。図1において、1は活性層駆動電極、2は波長制御電極、3はp型InGaAsPコンタクト層、4はp型InP光閉じ込め層、5はバンドギャップ波長1.55 μ mのInGaAsP活性導波路層、6はバンドギャップ波長1.35 μ mのInGaAsP非活性導波路層、7は回折格子、8はn型InP光閉じ込め層、9はn側共通電極、10はFeドープInP電流阻止層である。活性導波路層と非活性導波路層は25 μ mの長さで、交互に周期的に配置されている。また、回折格子もそれと同じ周期50 μ m毎に部分的に形成されている。回折格子が形成される部分の長さは約20 μ mで、回折格子の凸凹の周期は238nmとなっている。活性導波路層、および波長制御用非活性導波路層の上部に設けられる電極は互いに分離されており、図1(A)に示すように、活性導波路層上の電極どうし、および波長制御導波路層上の電極どうしは素子上で短絡されており、櫛型の電極形状になっている。このように素子上で各々の領域の電極どうしを短絡しておくことにより、金属製のボンディング・ワイヤをどこか一か所ずつ接着させるだけで、各領域に電流を注入することができる。

【0032】上記半導体レーザの作製方法を簡単に説明する。最初に有機金属気相エピタキシャル成長法を用いて、n型InP 8上に活性導波路層5と非活性導波路層6とを作製する。その後、上記活性導波路層の表面の一部に塗布したレジストに、電子ビーム露光法を用いて回折格子のパターンを転写し、転写パターンをマスクとしてエッチングを行い回折格子7を形成する。p型InP光閉じ込め層4およびp型InGaAsPコンタクト層3を成長した後、横モードを制御するために、幅1.2 μ mのストライプ状に導波路を加工し、その両側にFeドープInP電流阻止層10を成長する。そして、各電極1, 2, 9を形成した後、活性層駆動電極1と波長制御電極2とを電氣的に分離するために、それらの電極間のp型InGaAsPコンタクト層3を除去する。

【0033】図2は活性層駆動電極に一定の電流を流してレーザ発振させた後、波長制御電極に流す電流を変え

たときの発振波長の変化の様子を示したものである。本半導体レーザは、作用のところで記述した原理にしたがって動作し、波長制御電極への注入電流を変化させることにより、約5nmの範囲で連続的に発振波長が変化している。

【0034】（実施例2）図3は本発明の第2の実施例を示す断面構造図である。本実施例のレーザは、第1の実施例に示したレーザと同様の構造のもので繰り返し周期の異なる2つのレーザを同一基板上に直列に集積したものである。図3において、31は第1のレーザ部、32は第2のレーザ部を示し、1は活性層駆動電極、62は第1の波長制御電極、72は第2の波長制御電極、3はp型InGaAsPコンタクト層、4はp型InP光閉じ込め層、5はバンドギャップ波長1.55 μ mのInGaAsP活性導波路層、6はバンドギャップ波長1.35 μ mのInGaAsP非活性導波路層、7は回折格子、8はn型InP光閉じ込め層、9はn側共通電極である。第1のレーザ部の繰り返し構造の周期 T_1 は66.8 μ m、第2のレーザ部の繰り返し構造の周期 T_2 は71.4 μ mとなっている。これに対して、第1のレーザ部の反射ピーク間隔は約5nm、第2のレーザ部の反射ピーク間隔は約4.7nmとなる。活性導波層と非活性導波路層の長さの比は第1のレーザ部、第2のレーザ部とも1:2となっており、活性導波路層の一部に周期239nmの回折格子が部分的に形成されている。回折格子形成部分の長さは繰り返し構造の周期の20%とし、高反射ピークの本数は約10本になっている。

【0035】素子の作製方法は第1の実施例による半導体レーザと同様の方法を用いている。第1のレーザ部の波長制御領域上の電極は全て素子上で短絡されており、第2のレーザ部の波長制御領域上の電極も全て素子上で短絡されている。また、全ての活性導波路層上の電極は素子上で短絡されている。これにより、計3か所にボンディング・ワイヤを接着させることにより各領域へ電流を注入することができる。

【0036】図4は活性層駆動電極-共通電極間に一定の電流 I_a を流してレーザ発振させた後、第1の波長制御電極-共通電極間には電流を流さず、第2の波長制御電極-共通電極間に流す電流 I_2 を変えたときの発振波長の変化の様子を示したものである。本半導体レーザは、作用のところで記述した原理にしたがって動作し、第1のレーザ部の反射ピークと第2のレーザ部の反射ピークとが一致する波長付近で単一モード発振する。第2のレーザ部の波長制御電流 I_2 を変化させると反射ピークの一致点が変わり、モード跳びを起こしながら波長が短波長側に大きく変化する。1回のモード跳びによる波長変化量は第1のレーザ部の反射ピーク間隔に等しく、したがって繰り返し構造の周期 T_1 により定まる。この例の場合、モード跳びによる波長変化量は約5nmとなっている。片方の波長制御電極への電流注入による波長

変化の方向は、2つのレーザ間における繰り返し周期 T_1 および T_2 の大小関係により定まる。なお、第1のレーザ部の波長制御電極のみ電流を流した場合には、逆に長波長側に波長が変化し、その場合のモード跳びによる波長間隔は第2のレーザ部の反射ピークの間隔に等しくなる。

【0037】第1の波長制御電極と第2の波長電極を短絡して、同時に電流を流した場合、この例に示した半導体レーザでは、繰り返し周期に対する活性導波路層の長さの比、ならびに波長制御電極の比が、2つのレーザ部で等しくなっているので、第1の実施例で示した図2のように連続的に波長を変化させることができる。さらに、第1および第2の波長制御電極に流す電流を独立に制御することにより、約50nmの波長帯の任意の波長で発振させることができる。

【0038】(実施例3)図5は本発明の第3の実施例を示す断面構造図である。本実施例のレーザは、第2の実施例に示したレーザとほぼ同様の構造であるが、繰り返し構造中の波長制御電極が全て2つに分割されている点が異なっている。図5において、31は第1のレーザ部、32は第2のレーザ部を示し、62は第1の波長制御電極、72は第2の波長制御電極、82は第3の波長制御電極である。第1のレーザ部の繰り返し構造の周期 T_1 は66.8 μm 、第2のレーザ部の繰り返し構造の周期 T_2 は71.4 μm となっている。これに対応して、第1のレーザ部の反射ピーク間隔は約5nm、第2のレーザ部の反射ピーク間隔は約4.7nmとなる。活性導波路層と非活性導波路層の長さの比は第1のレーザ部、第2のレーザ部とも1:2となっており、活性導波路層の一部に周期239nmの回折格子が部分的に形成されている。回折格子形成部分の長さは繰り返し構造の周期の20%とし、高反射ピークの数約10本になっている。以上の点は、第2の実施例で示したものと同一であるが、非活性導波路層上の電極が1:1の比率で2分割されている点と異なっている。第1のレーザ部の各周期構造における波長制御領域上の分割された電極のうちの1つは全て素子上で短絡されていて、第1の波長制御電極を構成し、第2のレーザ部の各周期構造における波長制御領域上の分割された電極のうちの1つも全て素子上で短絡されて第2の波長制御電極を構成している。そして、残りの波長制御領域上の電極は、全て素子上で短絡されて第3の波長制御電極を構成している。さらに、すべての活性導波路層上の電極は素子上で短絡されている。これにより、計4か所にボンディング・ワイヤを接着させることにより各領域へ電流を注入することができる。

【0039】図6は活性層駆動電極-共通電極間に一定の電流 I_a を流してレーザ発振させた後、第1の波長制御電極-共通電極間には電流を流さず、第2の波長制御電極-共通電極間に流す電流 I_2 を固定して、第3の波

長制御電極-共通電極間に流す電流 I_1 を変えたときの発振波長の変化の様子を示したものである。本半導体レーザは、作用のところで記述したように、波長制御電流 I_1 は共振器全体の各周期構造中に均一に注入されるため、反射ピークと共振縦モードが同じ量だけ変化し、モード跳びを起こさずに連続的に波長が変化する。そして、第2の波長制御電極-共通電極間に流す電流 I_2 を変えると、第2のレーザ部の反射ピークだけがシフトするため、第1のレーザ部と第2のレーザ部の反射ピークの一致点に変化して、モード跳びを起こしながら波長が大きく変化する。この例の場合、モード跳びによる波長変化量は約5nmとなっている。

【0040】第3の実施例による半導体レーザでは、上記のように、波長制御電流 I_2 により波長を約5nm毎に大きく変化させ、波長制御電極 I_1 により波長を連続的に細かく微調整することにより、約25nmの範囲で波長を設定することが可能である。この例の半導体レーザでは、素調整用の電極と微調整用の電極というように、機能別に電極が分れているため、第2の実施例の半導体レーザよりも、さらに波長の制御が簡便になっている。

【0041】上記のように本発明による半導体レーザでは、活性導波路層と非活性導波路層を交互に周期的に配置し、回折格子を周期的に配置する点と異なるだけで、通常の半導体レーザの作製法を用いて容易に作製することができる。なお、本実施例では、半絶縁性FeドープInPによる埋め込み型レーザの例を示したが、pn逆接合で電流阻止を行うタイプの埋め込み型レーザでもよい。また、GaAsを基板とした、より短波長で発振するレーザに対しても本発明が適用できることはいうまでもない。

【0042】

【発明の効果】上記実施例で示したように、本発明による半導体レーザは、1電極の電流制御で連続的に波長調整が可能なレーザである。また、2電極の制御で10nmを越える広い範囲の波長調整が可能なレーザを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による半導体レーザの示す図で、(A)は上部からみた平面図、(B)は上記平面図に示すX-X'線断面図、(C)は上記平面図に示すY-Y'線断面図である。

【図2】本発明の第1の実施例による半導体レーザの波長変化特性を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施例による半導体レーザの断面図である。

【図4】本発明の第2の実施例による半導体レーザの波長変化特性を示す図である。

【図5】本発明の第3の実施例による半導体レーザの断面図である。

13

【図6】本発明の第3の実施例による半導体レーザの波長変化特性を示す図である。

【図7】本発明の半導体レーザにおいて、発振波長の連続的な制御方法を示す図で、(A)は半導体レーザの構造図、(B)は波長制御電極に電流を流す前の反射特性、共振縦モードを示す図、(C)は波長制御電極に電流を流したときの反射特性、共振縦モードを示す図である。

【図8】本発明の半導体レーザにおいて、発振波長を大きく変化させる方法を示す図で、(A)は波長制御電極に電流を流す前の2つのレーザ部各々の反射特性、2つのレーザ部を合わせた反射特性、および共振縦モードを示す図であり、(B)は第2のレーザ部の波長制御電極にのみ電流を流したときの2つのレーザ部各々の反射特性、2つのレーザ部を合わせた反射特性、および共振縦モードを示す図である。

【図9】従来の二重導波路型レーザ(TTGレーザ)の断面図である。

【図10】従来の分布反射型レーザ(DBRレーザ)の断面図である。

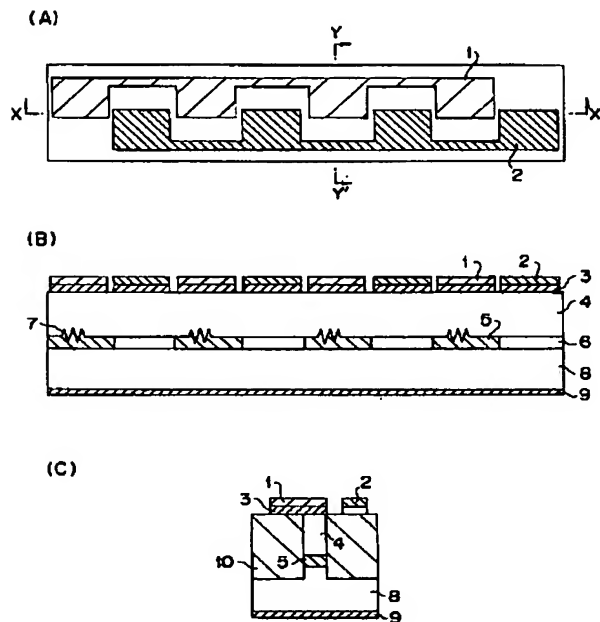
【符号の説明】

- 1 活性層駆動電極
2 波長制御電極

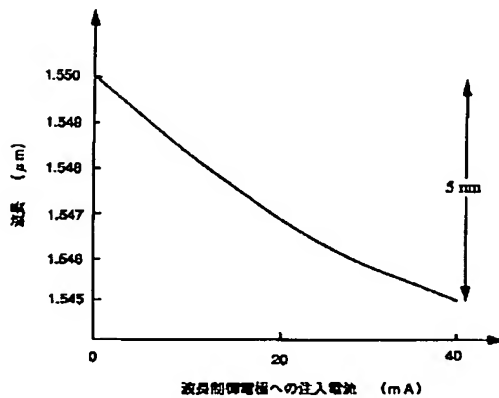
14

- 3 p型InGaAsPコンタクト層
4, 43 p型InP光閉じ込め層
5, 44 活性導波路層, 活性層
6, 45 非活性導波路層, 波長制御層
7, 46 回折格子
8 n型InP光閉じ込め層, n型InP基板
9, 48 n型共通電極
10 半絶縁性FeドープInP電流阻止層
21 主反射ピーク
22 副反射ピーク
23 包絡関数
24 共振縦モード
25 レーザ発振モード
26 第1のレーザ部の反射ピーク
27 第2のレーザ部の反射ピーク
31 第1のレーザ部
32 第2のレーザ部
47 n型InPスペーサ層
49 n型光閉じ込め層
50 位相調整電極
62 第1の波長制御電極
72 第2の波長制御電極
82 第3の波長制御電極

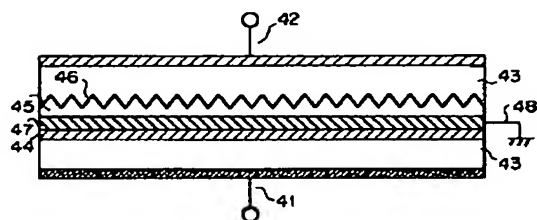
【図1】



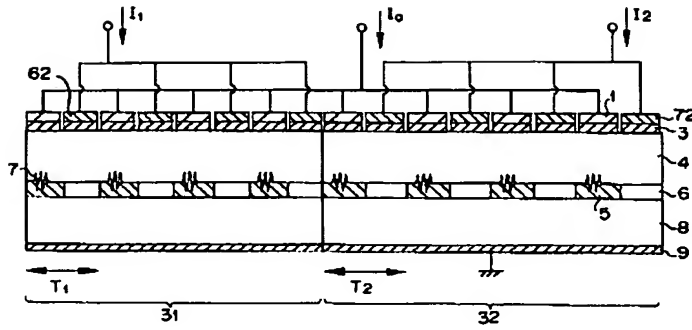
【図2】



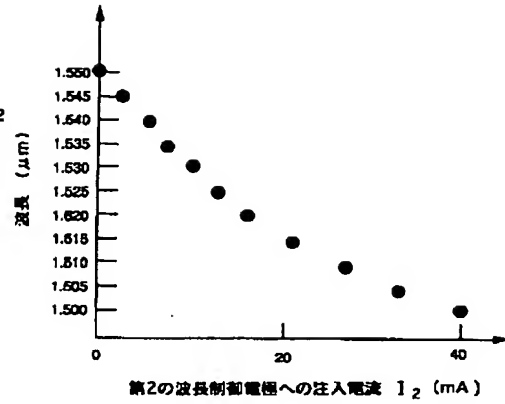
【図9】



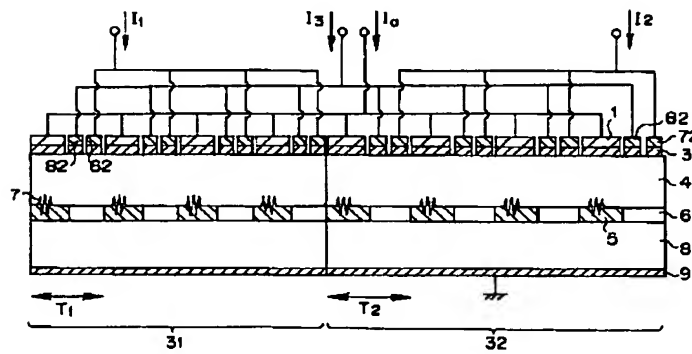
【図3】



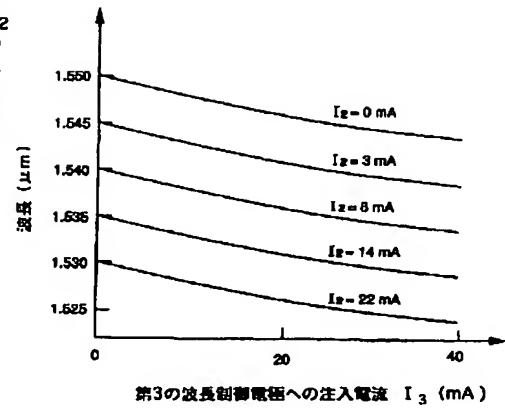
【図4】



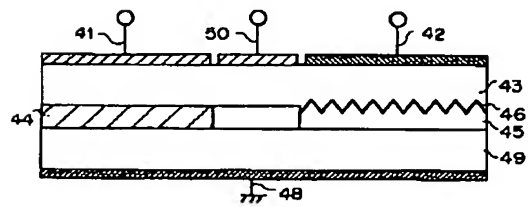
【図5】



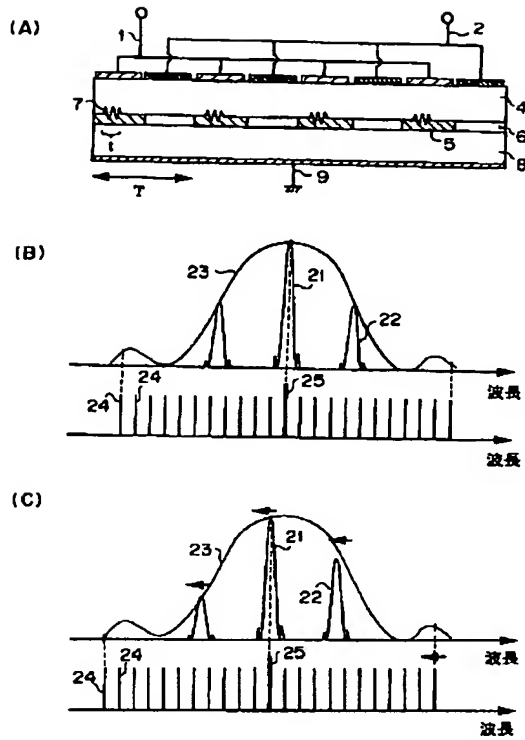
【図6】



【図10】



【図7】



【図8】

